

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/005725

International filing date: 28 March 2005 (28.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-097472
Filing date: 30 March 2004 (30.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 12 May 2005 (12.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 4 年 3 月 3 0 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 4 - 0 9 7 4 7 2

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号
J P 2 0 0 4 - 0 9 7 4 7 2
The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

出 願 人
Applicant(s): シチズン時計株式会社

2 0 0 5 年 4 月 2 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】	特許願
【整理番号】	CZT1601A
【提出日】	平成16年 3月30日
【あて先】	特許庁長官 今井 康夫 殿
【国際特許分類】	G01C 19/56
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都西東京市田無町六丁目1番12号 シチズン時計株式会社 内
【氏名】	滝沢 真紀
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都西東京市田無町六丁目1番12号 シチズン時計株式会社 内
【氏名】	柳沢 徹
【特許出願人】	
【識別番号】	000001960
【氏名又は名称】	シチズン時計株式会社
【代理人】	
【識別番号】	100086759
【弁理士】	
【氏名又は名称】	渡辺 喜平
【手数料の表示】	
【予納台帳番号】	013619
【納付金額】	21,000円
【提出物件の目録】	
【物件名】	特許請求の範囲 1
【物件名】	明細書 1
【物件名】	図面 1
【物件名】	要約書 1
【包括委任状番号】	0213892

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

エッチング加工によって水晶振動片を所定形状に加工する外形エッチング工程と、
所定形状に加工した前記水晶振動片に電極を形成する電極形成工程と、
前記電極を形成した水晶振動片を振動子パッケージに実装する実装工程と、
実装された前記水晶振動片を駆動して漏れ振動を検出し、この検出された漏れ振動にも
とづいて、前記水晶振動片に対する機械的な除去加工を行なう漏れ振動調整工程と、
前記機械的な除去加工の行なわれた水晶振動片を再度エッチングする再エッチング工程
と、
を有することを特徴とする水晶振動子の製造方法。

【請求項 2】

前記漏れ調整工程において、前記再エッチング工程における漏れ調整量を見込んで、目
標値に達する前に機械的除去加工を終了する一次漏れ調整を行ない、さらに、前記再エッ
チング工程において、前記目標値に達するまで前記水晶振動片をエッチングする二次漏れ
調整を行なうことを特徴とする請求項 2 記載の水晶振動子の製造方法。

【請求項 3】

前記再エッチング工程において、前記水晶振動片を前記振動子パッケージとともにエッ
チング液に浸漬することを特徴とする請求項 2 又は 3 記載の水晶振動子の製造方法。

【請求項 4】

前記水晶振動片及び前記振動子パッケージの一部を樹脂封止してから、前記エッチング
液に浸漬することを特徴とする請求項 3 記載の水晶振動子の製造方法。

【請求項 5】

前記エッチング液を、フッ化水素酸又はフッ化水素酸を主成分とした液としたことを特
徴とする請求項 1～4 のいずれかに記載の水晶振動子の製造方法。

【請求項 6】

前記フッ化水素酸を主成分とした液を、フッ化水素酸にフッ化アンモニウムを混合した
液としたことを特徴とする請求項 5 記載の水晶振動子の製造方法。

【請求項 7】

前記実装工程において、接着剤、ワイヤー、導電性接着剤及び／又はボールバンプを使
用して、前記水晶振動片を前記振動子パッケージに実装することを特徴とする請求項 1～
6 のいずれかに記載の水晶振動子の製造方法。

【請求項 8】

上記請求項 1～7 のいずれかに記載の水晶振動子の製造方法を用いて製造したことを特
徴とする水晶振動子。

【請求項 9】

前記水晶振動子がジャイロであることを特徴とする請求項 8 記載の水晶振動子。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 水晶振動子の製造方法及び水晶振動子

【技術分野】

【0001】

本発明は、水晶振動子の製造方法及び水晶振動子に関し、特に、振動子パッケージに実装された水晶振動片に対する機械的な除去加工が行なわれた水晶振動子を、振動子パッケージに実装した状態で再度エッチングすることにより、機械的な除去加工によって劣化した温度ドリフト特性を復元する水晶振動子の製造方法及び水晶振動子に関する。

【背景技術】

【0002】

水晶振動子の一つである振動ジャイロは、航空機、車両等の移動体の姿勢制御装置、自動車のナビゲーションシステム、ビデオカメラの手振れ検出装置等に使用されている。

この振動ジャイロには、一般的に、二脚又は三脚の音叉型水晶ジャイロ（適宜、振動ジャイロと略称する。）がある。

二脚の音叉型水晶ジャイロは、駆動用圧電素子の設けられた第一の振動体と、検出用圧電素子の設けられた第二の振動体とからなっており、三脚の音叉型水晶ジャイロは、駆動用圧電素子の設けられた第一および第二の振動体と、検出用圧電素子の設けられた第三の振動体とからなっている。

【0003】

たとえば、二脚の音叉型水晶ジャイロは、駆動電極の設けられた振動体を励振させることにより、検出電極の設けられた振動体を励振方向と同一方向に共振させる。この二脚音叉型水晶振動片をパッケージに収納して構成した水晶振動子が回転すると、検出電極の設けられた振動体が回転により受けるコリオリ力によって、励振方向と直交する方向に振動し、この振動を検出電極で検出することによって、水晶振動子が回転する角速度を検出することができる。

【0004】

また、上記振動ジャイロは、角速度を積分することによって回転した角度を算出するため、角速度の誤差が累積し、この累積された誤差が角度における誤差となる。したがって、振動ジャイロの測定精度を向上させるためには、角速度の誤差を低減する必要がある。

角速度の誤差を生じる第一の要因として、水晶振動片の加工方法があげられる。一般的に、水晶振動片は、耐食膜パターンを形成した平板状の水晶板にウェットエッチング加工を施し、耐食膜パターンに一致した所望の形状の振動片を作るが、水晶にはエッチング異方性があり、ウェットエッチングの際、耐食膜パターン通りの形状には加工できず、エッチングされた端面の一部にはエッチング残渣が残ってしまう。音叉型水晶振動子の場合、このエッチング残渣が振動体の励振方向と一致する側に残るため、振動体が励振方向へ振動するのを妨げてしまう。これにより水晶振動子が回転していない状態において、振動体が励振方向に直線的に振動せず、楕円軌跡を描きながら振動するために、この振動成分をコリオリ力による振動として検出してしまうことが挙げられる。

上記要因に対して、振動体を一方向に振動させる技術が様々開発されてきた。

【0005】

たとえば、特許文献1には、振動ジャイロである角速度センサに角速度を付与しない状態で、第一の振動体あるいは第二の振動体における駆動電極に交流電圧を印加し、このときの検出電極からの出力信号が略零となるように、第一の振動体あるいは第二の振動体における稜線に研磨材を埋め込んだテープを摺動させて研削部を設ける角速度センサの特性調整方法の技術が開示されている。

この技術を用いると、振動体の稜線に表面粗さが $2\mu\text{m}$ 以下の研削部を設けることができ、各振動体のバランスを厳密に釣り合わせることが可能となり、角速度を付与しない状態での出力信号を略零に近づけることができる。

【0006】

また、角速度の誤差を生じる第二の要因としては、水晶振動子を回転させずに、所定の

温度（一般的に、常温）で各振動体のバランスを厳密に釣り合わせ、各振動体を一方向に振動させたとしても、温度が変化すると、楕円軌跡を描きながら振動し、この振動成分をコリオリ力による振動として検出してしまうことが挙げられる。

なお、温度変化によって、出力値が変化する特性を温度ドリフト特性といい、上記第二の要因は、水晶振動片に起因する温度ドリフト特性であり、この温度ドリフト特性を安定させる必要がある。ただし、この温度ドリフト特性が発生するメカニズムは、技術的に説明されておらず、また、温度ドリフト特性を向上させる技術も存在していなかった。

【特許文献1】特開2002-243451号公報（請求項1、2）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、特許文献1に開示された角速度センサの特性調整方法の技術、すなわち、各振動体に対し研磨等の機械的な除去加工を行ない、各振動体のバランスを厳密に釣り合わせる技術では、上記水晶振動片に起因する温度ドリフト特性を安定させることができないといった問題があった。

【0008】

本発明は、上記問題を解決すべく、水晶振動片に起因する温度ドリフト特性を安定化させることができる水晶振動子の製造方法及び水晶振動子の提供を目的とする。

【0009】

なお、本発明者らは、振動ジャイロの測定精度を高めることを目的として、鋭意研究開発に取り組むことにより、水晶振動片に起因する温度ドリフト特性を安定化させる方法を、技術的に確立することに成功したものである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

この目的を達成するために、本発明の水晶振動子の製造方法は、エッチング加工によって水晶振動片を所定形状に加工する外形エッチング工程と、所定形状に加工した前記水晶振動片に電極を形成する電極形成工程と、前記電極を形成した水晶振動片を振動子パッケージに実装する実装工程と、実装された前記水晶振動片を駆動して漏れ振動を検出し、この検出された漏れ振動にもとづいて、前記水晶振動片に対する機械的な除去加工を行なう漏れ振動調整工程と、前記機械的な除去加工の行なわれた水晶振動片を再度エッチングする再エッチング工程と、を有する方法としてある。

このようにすると、水晶振動片に起因する温度ドリフト特性を安定化させることができる。

【0011】

また、本発明の水晶振動子の製造方法は、前記漏れ調整工程において、前記再エッチング工程における漏れ調整量を見込んで、目標値に達する前に機械的除去加工を終了する一次漏れ調整を行ない、さらに、前記再エッチング工程において、前記目標値に達するまで前記水晶振動片をエッチングする二次漏れ調整を行なう方法としてある。

このようにすると、再エッチング工程において、効率よく漏れ調整を行なうことができる。また、目標値をオーバーしてエッチングしてしまうといった不具合を防止することができる。

【0012】

また、本発明の水晶振動子の製造方法は、前記再エッチング工程において、前記水晶振動片を前記振動子パッケージとともにエッチング液に浸漬する方法としてある。

【0013】

また、本発明の水晶振動子の製造方法は、前記水晶振動片及び前記振動子パッケージの一部を樹脂封止してから、前記エッチング液に浸漬する方法としてある。

このようにすると、エッチング液の浸漬から効果的に保護することができるので、たとえば、上記部分がエッチング液に腐食されるといった不具合を防止することができる。

【0014】

また、本発明の水晶振動子の製造方法は、前記エッチング液を、フッ化水素酸又はフッ化水素酸を主成分とした液とした方法としてあり、このようにすると、水晶振動片を効率よくエッチング成形することができる。

さらに、本発明の水晶振動子の製造方法は、前記フッ化水素酸を主成分とした液を、フッ化水素酸にフッ化アンモニウムを混合した液とした方法としてあり、このようにすると、エッチング液の能力（エッチングレート）を安定させることができる。

【0015】

また、本発明の水晶振動子の製造方法は、前記実装工程において、接着剤、ワイヤー、導電性接着剤及び／又はボールバンプを使用して、前記水晶振動片を前記振動子パッケージに実装する方法としてある。

このようにすると、水晶振動片を振動子パッケージに効率よく実装することができ、かつ、再エッチングに耐えることができる。

【0016】

また、本発明の水晶振動子は、上記請求項1～7のいずれかに記載の水晶振動子の製造方法を用いて製造した構成としてある。

このように、本発明は、水晶振動子としても有効であり、水晶振動子の温度ドリフト特性を向上させることができる。

さらに、本発明の水晶振動子は、前記水晶振動子をジャイロとした構成としてあり、このようにすると、水晶振動子がジャイロである場合には、角度の測定精度を向上させることができる。

【発明の効果】

【0017】

本発明の水晶振動子の製造方法及び水晶振動子によれば、水晶振動片を構成する振動体の振動方向を一方向に規制できるので、ジャイロにした場合の漏れ出力を略零に近づけることができる。また、水晶振動片に起因する温度ドリフト特性を安定化させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、本発明の好適な実施形態を、図面を参照しながら詳細に説明する。

〔水晶振動子の製造方法〕

図1は、本発明の水晶振動子の製造方法を説明する概略フローチャート図を示している。

また、図2は、本発明の水晶振動子の製造方法における水晶エッチング工程を説明するための、水晶ウェハの概略平面図を示している。

図1，2において、水晶振動子である振動ジャイロの製造方法は、まず、振動ジャイロの主要部品である水晶振動片1を製造する。水晶振動片1は、水晶エッチング工程において、一枚の水晶ウェハー2から複数個製造される。

すなわち、水晶ウェハー2に対して、CrおよびAuの成膜、レジスト塗布、マスク露光、現像、エッチング、及び、レジスト剥離などの作業を行ない、水晶ウェハー2の両面に、水晶振動片1の外形に応じた複数のCr／Au層を成形する。続いて、水晶を溶解するフッ化水素酸を主成分とするエッチング液を用いて、水晶エッチングを行ない、水晶振動片1の素子外形を所定形状に加工する（水晶エッチング工程：ステップS1）。

【0019】

本実施形態では、水晶振動片1を三脚の音叉型水晶ジャイロとしてあり、水晶振動片1の所定形状は、図2に示すように、三本の振動体11a，11b，11cが四角柱状であり、各振動体11a，11b，11cを連結する基部12が矩形板状である。ここで、振動体11aは、駆動電極1D，1U，1L，1Rが設けられる第一の振動体であり、振動体11bは、駆動電極2D，2U，2L，2Rが設けられる第二の振動体であり、振動体11cは、検出電極3D，3Uとアース電極3Gの設けられる第三の振動体である（図3参照）。

また、支持部 1 4 は、水晶ウェハー 2 と連結部 1 3 によって連結され、表面には、外部接続電極 1 2 1 が設けられる（図 4 参照）。

なお、図示していないが、振動ジャイロを二脚の音叉型水晶ジャイロとした場合には、水晶振動片の所定形状は、二本の振動体が四角柱状であり、各振動体を連結する基部が矩形板状である。

【 0 0 2 0 】

次に、水晶エッチングを行なった各水晶振動片 1 に対して、上面及び下面に形成した Cr / Au 層を剥離し、続いて、各水晶振動片 1 の全面に新たに Cr / Au 層を蒸着などで成膜する。

次に、レジスト電着、露光、現像、Au エッチング、Cr エッチング、及び、レジスト剥離などの作業を行ない、水晶ウェハー 2 に連結された状態の複数の水晶振動片 1 に対して、所定の電極膜を形成する（電極膜形成工程：ステップ S 2）。続いて、各水晶振動片 1 は、水晶ウェハーから切り離される

【 0 0 2 1 】

図 3 は、本発明の水晶振動子の製造方法における電極膜成形工程を説明するための、要部の概略拡大上面図を示している。

同図において、水晶振動片 1 は、振動体 1 1 a, 1 1 b に、駆動電極 1 L, 1 R, 1 D, 1 U 及び 2 L, 2 R, 2 D, 2 U を形成し、振動体 1 1 c に、アース電極 3 G と検出電極 3 D, 3 U を形成してある。

なお、水晶振動片 1 は、外部接続電極 1 2 1 として、五つのパッドが形成されており、電極 1 D, 1 U, 2 L, 2 R は、第一のパッドと接続され、電極 1 L, 1 R, 2 D, 2 U は、第二のパッドと接続され、アース電極 3 G と検出電極 3 D, 3 U は、それぞれ専用のパッドと接続される。

【 0 0 2 2 】

図 4 は、本発明の水晶振動子の製造方法における水晶搭載工程を説明するための、振動子パッケージの概略拡大図であり、（a）は平面図を、（b）は A-A 断面図を示している。

同図において、水晶振動片 1 は、水晶振動片 1 を収納可能な矩形箱状の振動子パッケージ 4 に、支持部 1 4 が接着剤（図示せず）によって固定される。したがって、各振動体 1 1 a, 1 1 b, 1 1 c は、振動子パッケージ 4 と接触することなく振動することができる。

また、支持部 1 4 に配設された五つの外部接続電極 1 2 1 は、ワイヤーボンディングによって、振動子パッケージ 4 に配設された五つの接続電極 4 1 と、それぞれワイヤー（Au 線）4 2 で接続される（水晶搭載工程：ステップ S 3）。

【 0 0 2 3 】

また、水晶振動片 1 を振動子パッケージ 4 に実装する方法は、上記方法に限定されるものではなく、たとえば、導電性接着剤及び／又はボールバンプなどを使用して、外部接続電極 1 2 1 を接続電極 4 1 へ接続固定してもよい。このようにすると、水晶振動片 1 を振動子パッケージ 4 に効率よく実装することができ、かつ、再エッチングに耐えることができる。

【 0 0 2 4 】

次に、振動体 1 1 a, 1 1 b, 1 1 c に対して、振動体特性の調整を行なう。

まず、振動体特性の調整を行なう前の状態について、図面を参照して説明する。

図 5 は、本発明の水晶振動子の製造方法における、漏れ調整を行なう前の状態を説明するための振動体の概略上面図を示している。

同図において、振動ジャイロにおける水晶振動片 1 は、駆動振動と検出振動の共振周波数が 3 0 0 H z 程度の接近した構成を必要とするので、加工精度や水晶の結晶異方性等に起因して、駆動振動（X 軸方向の振動）のほかに、水晶振動片 1 が回転していない状態において発生してはならない検出振動（Z' 軸方向の振動）が発生する。そして、駆動振動に加え検出振動が発生すると、振動体 1 1 a, 1 1 b の先端の軌跡は、X 軸方向への直線

的な振動とならず、X-Z'平面に平行な平面内で楕円軌道を描くような振動となる。また、振動体11cの先端の軌跡は、Z'軸方向への直線的な振動となる。このとき、検出電極3D、3Uからはコリオリ出力と無関係な振動出力（漏れ出力）が発生しており、これがノイズやドリフトの原因となる。

【0025】

上記楕円軌道の振動やZ'軸方向への直線的な振動に対して、振動体11a、11b、11cは、振動体11a、11b、11cの根元部稜線を面取り加工することにより、修正することができる。

ここで、上記面取り加工について、図面を参照して説明する。

図6は、本発明の水晶振動子の製造方法における漏れ調整工程を説明するための振動体の概略断面図を示している。

同図において、面取り加工は、たとえば、板状の砥石5を片持ち支持した状態で往復振動させる研削装置（図示せず）を使用して、検出振動方向（Z'軸方向）の振動成分に起因する出力をモニターしながら、漏れ出力が小さくなるように行なわれる（漏れ調整工程：ステップS4）。

【0026】

上記漏れ調整工程では、研削し過ぎないように、段階的に面取りが行なわれ、その都度、面取り量（研削距離）と漏れ出力とを対比させている。したがって、漏れ調整工程の最終段階においては、漏れ出力を目標値に入れるために、後いくら研削すればよいかを推定することができる。

ここで、好ましくは、後述する再エッチング工程における漏れ出力の減少量を考慮して、上記研削加工を終了するとよい。このようにすると、再エッチングした際、研削して粗くなった水晶面が他の面よりも多く溶かされて面取りされるので、漏れ出力を目標値のほぼ中央に入れることができる。

【0027】

次に、離調度を測定する（離調度測定工程：ステップS5）。

離調度とは、駆動振動の共振周波数と検出振動の共振周波数との差で定義されるものであり、振動ジャイロの出力を決定する要素である。この離調度は、ジャイロの出力にほぼ反比例し、その僅かな変化によりジャイロの出力を大きく変化させるため、正確に値を設定する必要がある。

なお、駆動振動の共振周波数は、図3に示した駆動電極1L、1R、1D、1U、2L、2R、2D、2Uを用いて振動体11a、11bを自励発振させることにより測定することができ、また、検出振動の共振周波数は、検出電極3D、3Uを用いて振動体11cを自励発振させることにより測定することができる。そして、両者の共振周波数の差から離調度を求めることができる。

【0028】

ところで、現在の水晶の加工精度では、上記離調度を、小さい方では、温度特性が劣化したり振動に対する擬似出力を出さない範囲で設定するには難しく、また、大きい方では、所望の出力を最大限に発揮できる設定値の範に設定するのも難しいといった状況にある。また、駆動振動の周波数だけの調整ならば、一般の発振器用音叉に用いられるように、振動脚先端部の質量を変化させる周波数調整方法等で調整することも可能だが、この方法では、駆動振動と検出振動の双方の共振周波数がほぼ同じ量だけ変わってしまうので、離調度の調整は困難である。

そこで、本実施形態では、振動子パッケージ4に水晶振動片1が実装された状態で、振動子パッケージ4ごと水晶振動片1を再エッチングする（再エッチング工程：ステップS6）ことにより、検出振動の共振周波数を変化させて離調度と漏れ振動を調整するようにしている。

【0029】

次に、漏れ調整工程（ステップS4）から再エッチング工程（ステップS6）までの工程を、図面を参照して詳細に説明する。

図 7 は、本発明の水晶振動子の製造方法における、漏れ調整工程から再エッチング工程までの工程を説明するための概略フローチャート図を示している。

同図において、まず、水晶振動片 1 が実装された振動子パッケージ 4 は、漏れ出力測定用の測定装置（図示せず）にセットされ、振動子パッケージ 4 に角速度を与えない状態で発生している漏れ出力を測定し、その漏れ出力のレベルが所定値を超えているか否かを判断する（ステップ S 4 1）。

【0030】

そして、漏れ出力のレベルが所定値を超えていた場合は、漏れ出力が目標値になるまで振動体 11 a, 11 b の根元部稜線を研削する（ステップ S 4 2）。この目標値は、上述したように再エッチング工程によっても漏れ出力が減少する分を考慮して適宜決定される。

また、漏れ出力が所定値を超えていなかった場合は、上述した離調度測定工程（ステップ S 5）へ移動する。

【0031】

次に、離調度測定工程（ステップ S 5）において、上述したように駆動振動の共振周波数と検出振動の共振周波数をそれぞれ測定し、その離調度が所定範囲に入っているか否かを判断する。

そして、離調度が所定範囲に入っている場合は、ステップ S 6 1 へと移行し、離調度が所定範囲に入っていなかった場合は、ステップ S 6 2 へ移行する。

ステップ S 6 1 では、ステップ S 4 1 において、振動体 11 a, 11 b を研削したか否かを判断する。研削しなかったものは、測定調整が全て終了となる。

また、ステップ S 6 1 では、離調度が所定範囲に入っていた場合であっても、振動体 11 a, 11 b を研削したものは、ステップ S 6 2 へ移行する。

【0032】

ステップ S 6 2 では、離調度のズレ量及び漏れ出力に応じて再エッチング工程が実施される。すなわち、ステップ S 5 において、離調度が所定範囲に入っていなかったものについては、離調度が所定範囲にはいるまで、再エッチングが実施される。

なお、本実施形態では、振動ジャイロに用いる水晶振動片 1 を用いているので、ここでは、離調度を優先して調整するようにしている。たとえば、水晶振動片 1 が通常発振子の場合は、漏れ出力だけを考慮すればよい。

【0033】

この再エッチングは、上述した水晶エッチング工程（ステップ S 1）とほぼ同じものであるが、水晶振動片 1 はすでに振動子パッケージ 4 に実装されているので、振動子パッケージ 4 ごと水晶振動片 1 を再エッチングする。

ここで、エッチング液で腐食されるのは、各電極が形成されていない水晶素地の部分であり、しかも水晶厚み方向である Z' 軸方向（図 5 参照）のエッチング速度が速く、X 軸方向のエッチング速度はそれよりも遅いので、X 軸方向に振動方向を持つ駆動振動の共振周波数はほとんど変化せずに、Z' 軸方向に振動方向を持つ検出振動の共振周波数だけが低くなるように調整することができる。すなわち、この再エッチング時間によって、駆動振動の共振周波数と検出振動の共振周波数の差を調整することができる。

なお、振動子パッケージ 4 は、セラミックスのパッケージで構成されているが、再エッチング時間はあまり長くないので、エッチング液によるダメージはほとんどない。

【0034】

さらに、ステップ S 6 2 では、再エッチングすることにより、研削して粗面となった水晶表面を腐食して滑らかな状態にできる。水晶振動片 1 は、研削によって水晶面が粗くなると、周波数－温度特性が劣化することがあるが、この再エッチングによって粗面を腐食して滑らかにすると、漏れ出力を小さくすることができるとともに、劣化した水晶振動片 1 の周波数－温度特性を復活することができる。

また、ステップ S 6 2 では、離調度測定工程（ステップ S 5）で離調度が所定範囲内に入っているものであっても、振動体 11 a, 11 b を研削したものを再エッチングするよ

うにしている。これは、上述したように研削した水晶面が粗面となっていると、水晶振動片1の周波数－温度特性に影響するので、離調度と漏れ出力の変化を起こさない程度で際エッチングすることにより、研削した面を滑らかにして周波数－温度特性を回復している。

【0035】

次に、再エッチングした水晶振動片1を有する振動子パッケージ4を再度漏れ出力測定用の測定装置（図示せず）にセットする。そして、振動子パッケージ4に角速度を与えていない状態で発生している漏れ出力を測定し、発生している漏れ出力の値が所定値を超えているか否かを判断する（ステップS63）。

ここでは、漏れ出力を所定値まで追い込んでいるのであまり大きなずれはないが、もし、所定値を超えていた場合は、ステップS64において、漏れ出力が零になるまで振動体11a, 11bの根元部稜線を微量研削する。なお、所定値を超えていものは、測定調整が全て終了となる。

【0036】

次に、ステップS64において、微小研削された水晶振動片1は、微小研削した水晶表面を洗浄する目的で、所定の短時間だけ再々エッチングが実施される（ステップS65）。

このステップS65は、研削屑を除去するのに効果がある。なお、この再々エッチング工程は、必要に応じて省略することもできる。これで、再エッチングの工程を終了する。

【0037】

「実験例」

次に、上記再エッチングの実験例について図面を参照して説明する。

図8は、本発明の水晶振動子の製造方法における、再エッチングが温度ドリフト特性に及ぼす効果を説明するための温度ドリフト曲線を示す図である。

同図において、再エッチングを行なわない振動ジャイロは、約20℃において、漏れ出力が約 -1.2 deg/sec であったが、 -40°C から 100°C までの範囲で温度を変化させると、漏れ出力が約 2.5 deg/sec から -2 deg/sec まで変化し、約 4.5 deg/sec の温度ドリフトが発生した。

これに対し、上記振動ジャイロに再エッチングを約60秒間行ない、同様の項目について測定を行なった。再エッチングを行なった振動ジャイロは、約20℃において、漏れ出力が約 0 deg/sec であったが、 -40°C から 100°C までの範囲で温度を変化させると、漏れ出力が約 -0.1 deg/sec から 0.2 deg/sec の範囲で変化し、約 0.3 deg/sec の温度ドリフトが発生した。すなわち、温度ドリフト特性を大幅に向上させることができた。これにより、振動ジャイロにおいては、測定精度を大幅に向上させることができる。

なお、再エッチングの条件を変えたり、微調整することによって、再エッチングを行なった振動ジャイロは、約20℃において、漏れ出力が約 0 deg/sec に調整することができた。

【0038】

また、本実施形態では、水晶振動片1とともに振動子パッケージ4をエッチング液に浸漬したが、振動子パッケージ4などに、エッチング液への浸漬が好ましくない部分がある場合には、この部分を樹脂封止してから再エッチングを行なうとよい。このようにすると、エッチング液の浸漬から効果的に保護することができるので、たとえば、上記部分がエッチング液に腐食されるといった不具合を防止することができる。

【0039】

次に、水晶振動片1は、真空引きされた状態で、振動子パッケージ4に収納され、カバーが取り付けられる（カバー取付け工程：ステップS7）。

続いて、振動子パッケージは、図示していないが、IC搭載工程にてIC等の電子部品が実装された基板と接合され、完成組立工程（ステップS8）を経て振動ジャイロが製造される。

【0040】

上述したように、本実施形態にかかる水晶振動片の製造方法によれば、漏れ調整工程において、研削加工されることにより低下した温度ドリフト特性を、再エッチングすることにより、向上させることができ、振動ジャイロの測定精度を向上させることができる。

【0041】

また、本発明は、水晶振動子の発明としても、有効であり、水晶振動片1の表面を再エッチングにより滑らかに成形した振動ジャイロは、温度ドリフト特性が大幅に改善される。

また、再エッチングにより温度ドリフト特性の改善され水晶振動子をジャイロとすることにより、振動ジャイロの測定精度を大幅に向上させることができる。

【0042】

以上、本発明の水晶振動子の製造方法及び水晶振動子について、好ましい実施形態を示して説明したが、本発明に係る水晶振動子の製造方法及び水晶振動子は、上述した実施形態にのみ限定されるものではなく、本発明の範囲で種々の変更実施が可能であることは言うまでもない。

【産業上の利用可能性】

【0043】

本発明の水晶振動子の製造方法及び水晶振動子は、振動ジャイロに限定されるものではなく、水晶振動子を使用する装置およびその製造方法としても、本発明を適用することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1】本発明の水晶振動子の製造方法を説明する概略フローチャート図を示している。

【図2】本発明の水晶振動子の製造方法における水晶エッチング工程を説明するための、水晶ウェハーの概略平面図を示している。

【図3】本発明の水晶振動子の製造方法における電極膜成形工程を説明するための、要部の概略拡大上面図を示している。

【図4】本発明の水晶振動子の製造方法における水晶搭載工程を説明するための、振動子パッケージの概略拡大図であり、(a)は平面図を、(b)はA-A断面図を示している。

【図5】本発明の水晶振動子の製造方法における、漏れ調整を行なう前の状態を説明するための振動体の概略上面図を示している。

【図6】本発明の水晶振動子の製造方法における漏れ調整工程を説明するための振動体の概略断面図を示している。

【図7】本発明の水晶振動子の製造方法における、漏れ調整工程から再エッチング工程までの工程を説明するための概略フローチャート図を示している。

【図8】本発明の水晶振動子の製造方法における、再エッチングが温度ドリフト特性に及ぼす効果を説明するための温度ドリフト曲線を示す図である。

【符号の説明】

【0045】

- 1 水晶振動片
- 2 水晶ウェハー
- 4 振動子パッケージ
- 5 砥石
- 11 a, 11 b, 11 c 振動体
- 12 基部
- 13 連結部
- 41 接続電極
- 42 ワイヤ

1 2 1 外部接続電極

1 L， 1 R， 1 D， 1 U 駆動電極

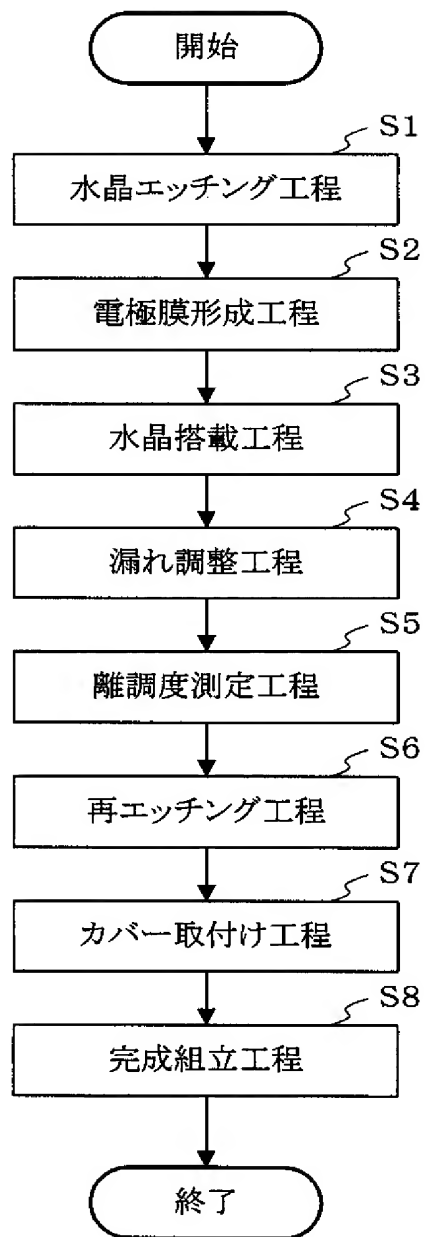
2 L， 2 R， 2 D， 2 U 駆動電極

3 G アース電極

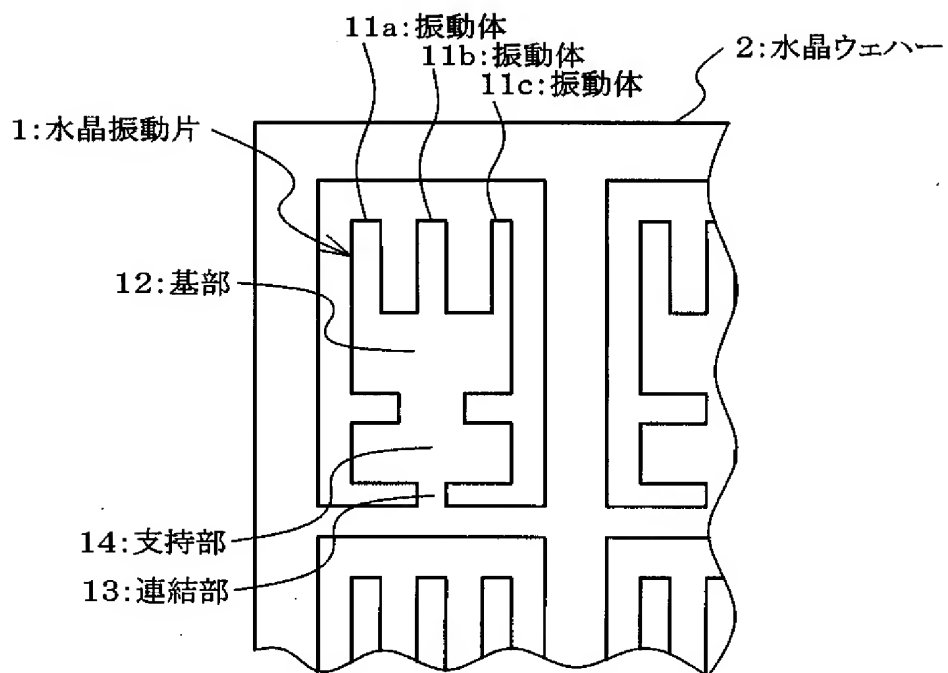
3 D， 3 U 検出電極

【書類名】 図面

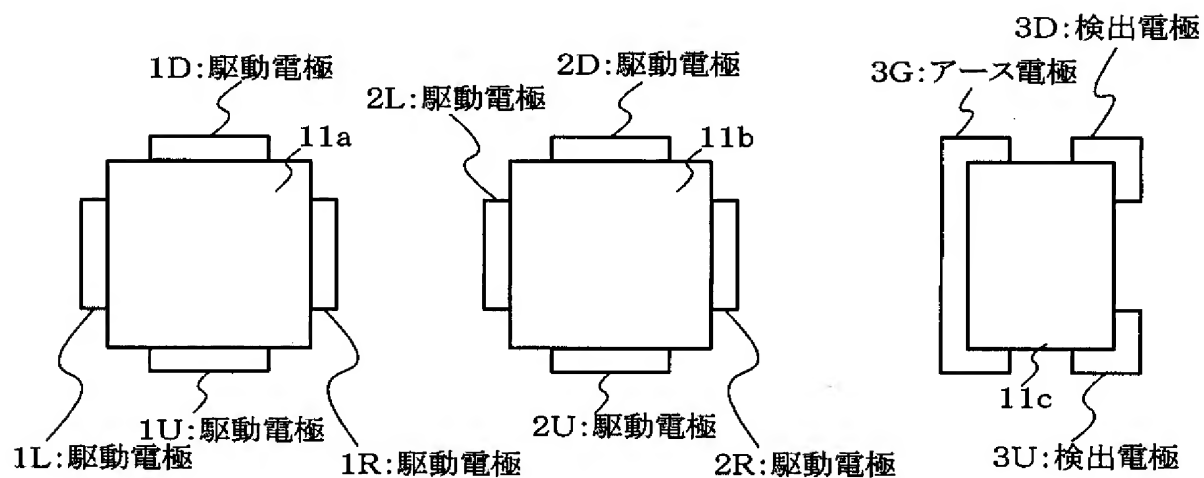
【図 1】



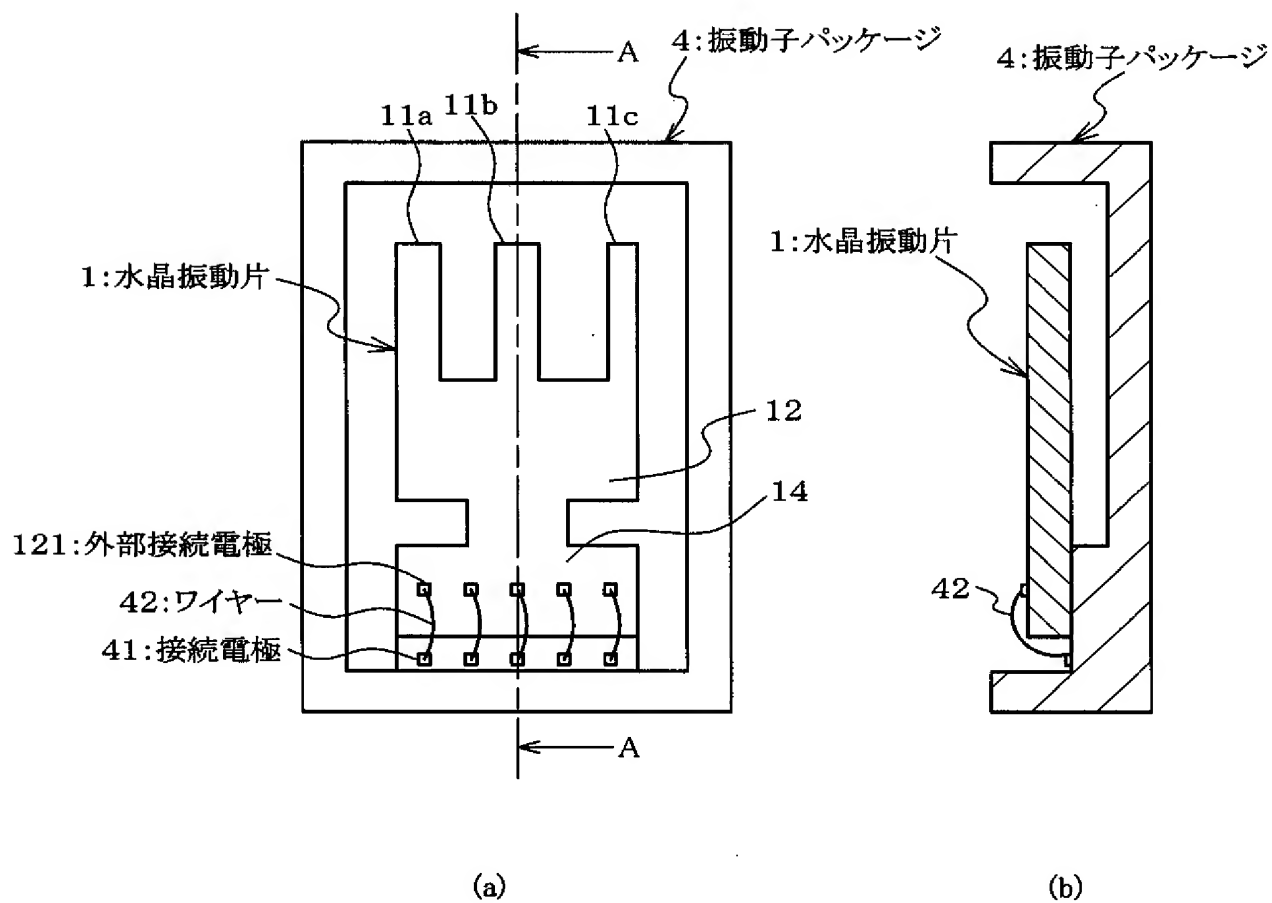
【図 2】



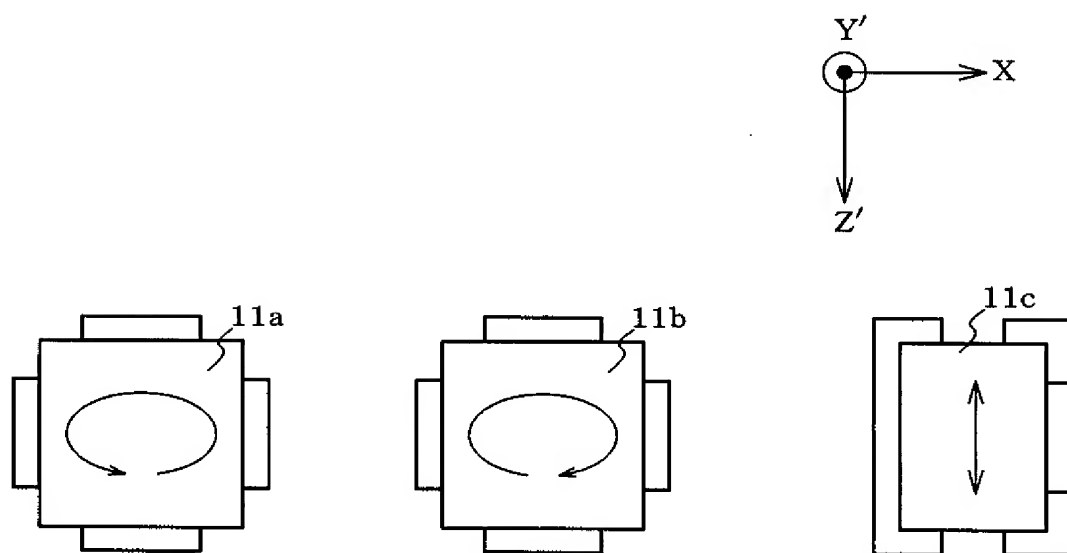
【図 3】



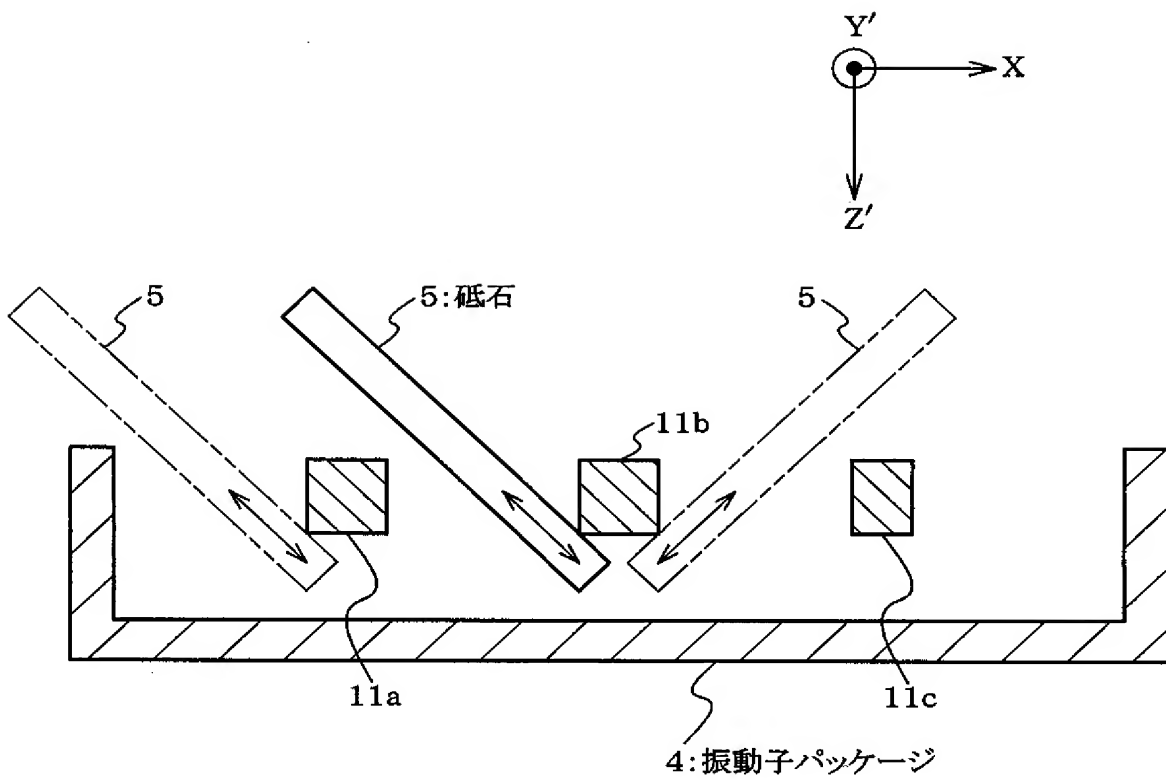
【図 4】



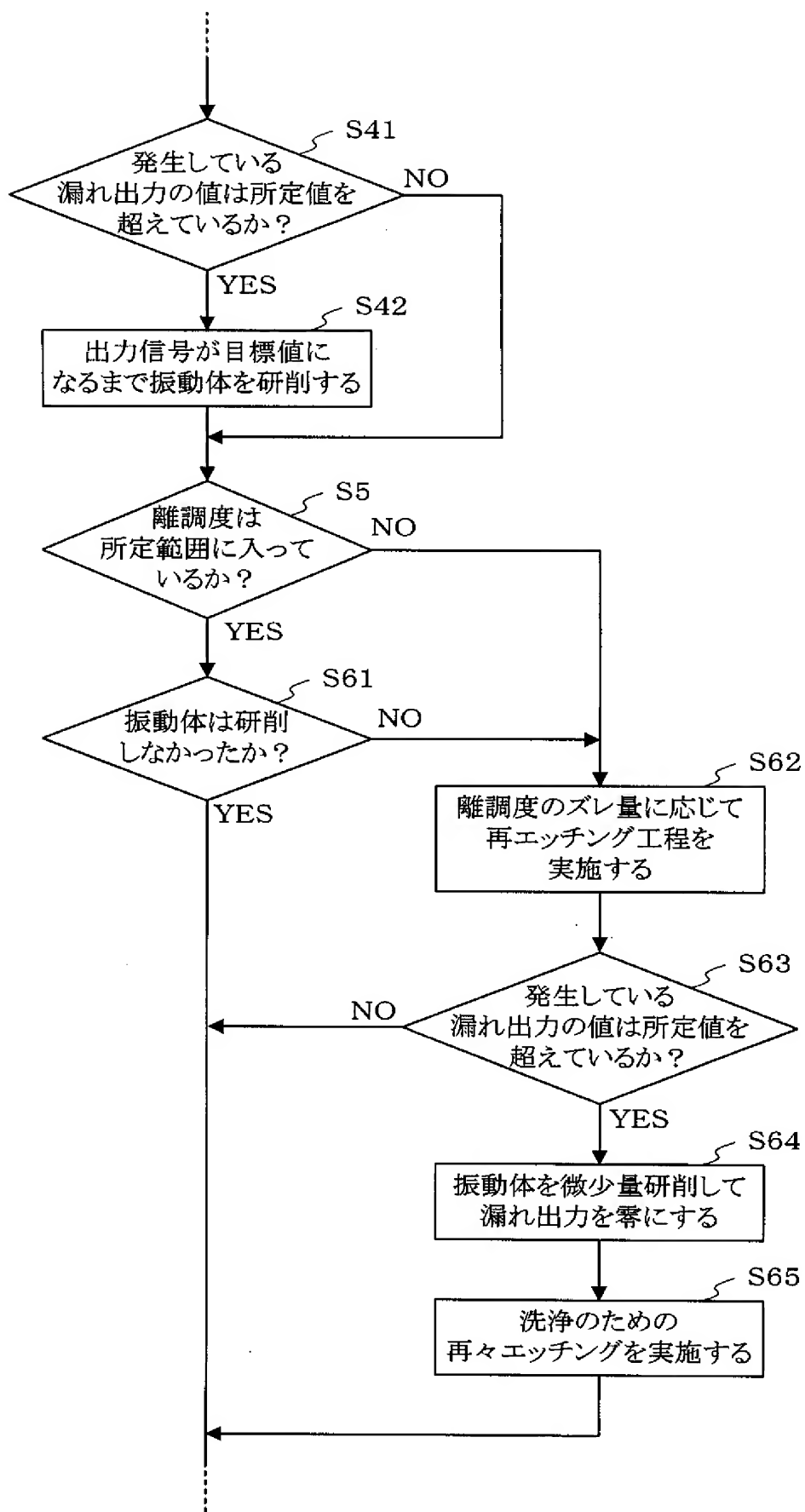
【図 5】



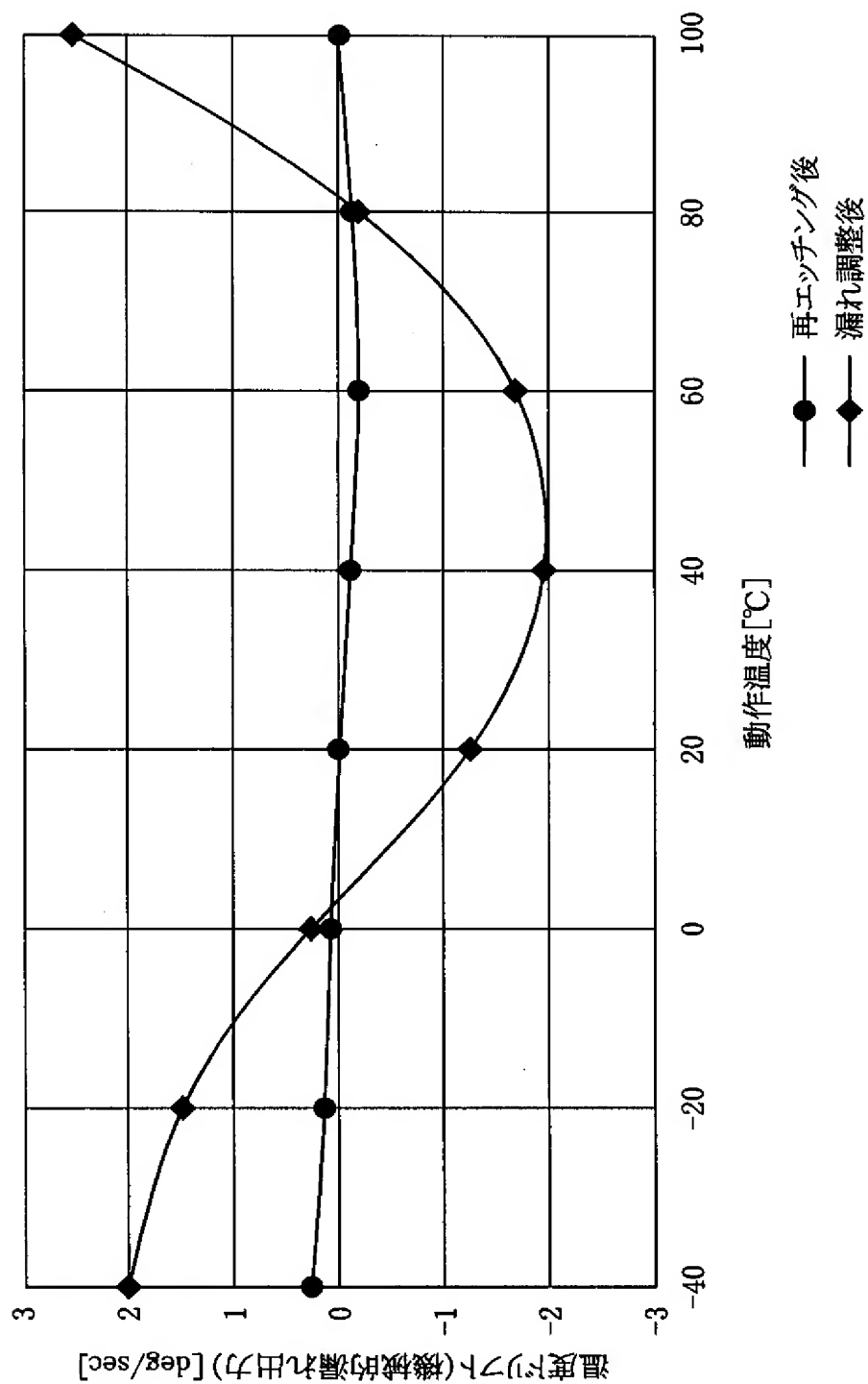
【図 6】



【図 7】



温度ドリフト



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 水晶振動片に起因する温度ドリフト特性を安定化させることができる水晶振動子の製造方法及び水晶振動子の提供を目的とする。

【解決手段】 エッチング加工によって水晶振動片を所定形状に加工する水晶エッチング工程S1と、水晶振動片に電極を形成する電極膜形成工程S2と、水晶振動片を振動子パッケージに実装する水晶搭載工程S3と、実装された水晶振動片を駆動して漏れ振動を検出し、この検出された漏れ振動にもとづいて、水晶振動片に対する機械的な除去加工を行なう漏れ調整工程S4と、機械的な除去加工の行なわれた水晶振動片を再度エッチングする再エッチング工程S6と、を有する方法としてある。

【選択図】 図1

出願人履歴

0 0 0 0 0 1 9 6 0

20010301

住所変更

5 0 2 3 4 2 2 4 4

東京都西東京市田無町六丁目1番12号

シチズン時計株式会社